

# LOS PUENTES DE FABRICA DURANTE EL AÑO 1962

Por CARLOS FERNANDEZ CASADO

Ing. Dr. Profesor de Puentes de Fábrica  
E.T.S.I.C.C.P.

*En este artículo, primero de una serie, el Profesor de Puentes de Fábrica pone al día los temas de su asignatura, pasando revista a los puentes construidos durante el pasado año y revisando las tendencias actuales en proyecto y construcción.*

La evolución de los puentes de fábrica se contrasta en la actualidad entre los de hormigón armado normal con soluciones de arcos y los de hormigón armado pretensado en tramos rectos. En este reparto de papeles queda en cierto modo desvirtuado el hormigón armado normal, ya que se refugia en las soluciones tradicionales de fábrica sin armar, abandonando el campo al hormigón pretensado en todo aquéllo que requiere presencia de acero para transmitir las cargas mediante flexión de los elementos estructurales. En la lejanía, el acero sigue teniendo las luces máximas de todos los tipos: 540 m. Quebec, tramos rectos; 506 m. Kill vu Kull (Nueva York), arcos, y 1 280 m. Golden Gate (San Francisco), puentes colgados. Este último da la luz máxima salvada de un modo permanente, que será pronto superada al terminarse el puente Verrazano, en construcción; sobre el Hudson, en Nueva York (1 300 metros).

Los puentes de arcos de fábrica que habían estabilizado su luz máxima en Sandö (264 m.) 1945, han dado un pequeño avance en La Arrábida (Oporto), llegando a 270, estando en construcción el del Paraná, en la frontera de Brasil y Paraguay (290 m.), y el de Parrameta en Sidney, con 1 000 pies (305 m.).

Por su parte, los de tramo recto han pasado desde el puente de Tocantins, en Brasil, con 140 m. de luz libre, al puente de Maracaibo, con 235 m. de luz teórica y 200 m. de luz libre en pies de pilares. Se construye el de Bendford, sobre el Rin, con 208 m. de luz teórica y está terminándose el de Meddways, con 152,4 m., en Inglaterra.

En el pasado año no se ha construido ningún tramo recto de importancia de hormigón armado normal. Las luces máximas de éstos han quedado congeladas en la proximidad de los 100 metros, mientras que, como ya hemos indicado, los tramos pretensados han duplicado esta luz. Esto no quiere decir que se hayan abandonado las soluciones correspondientes para puentes de luces pequeñas y medianas,

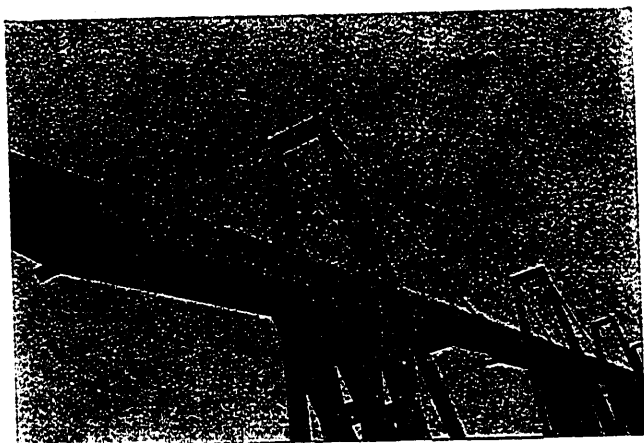
donde las condiciones económicas de cada caso pueden llevar a uno u otro sistema. Sin embargo, existe una razón importante en el ramo de puentes, que favorece decididamente al hormigón pretensado, y es la de ampliar las posibilidades de la prefabricación, con la gran ventaja complementaria de hacer el montaje del dintel independiente del río. Por este motivo, casi todos los puentes actualmente en construcción, en luces medias, son de hormigón pretensado, y en luces alrededor de los 100 m. adquiere la exclusiva, con la gran ventaja de ejecutar también el dintel independiente del río o del tráfico inferior por el sistema constructivo de avance en voladizos sucesivos.

Indudablemente, el puente más importante terminado durante el año 1962 es el del lago Maracaibo. Tiene una longitud total de 8 272 m. y consta de una serie de tramos con luz creciente desde las orillas a la zona central, donde se alinean los cinco que mantienen al gálibo impuesto por la navegación, con altura de 45 m. en luces libres de 200 m. La luz teórica entre ejes de apoyos es de 235 m., pero las zapatas son de 35 X 35 m., recogiendo las cabezas de los 60 pilotes que llegan hasta profundidades de 50 m., desde el nivel del lago, y forman la plataforma para las torres que se elevan hasta 95 m. sobre dicho nivel. La estructura de estas torres está constituida por dos triángulos isósceles cruzados, uno con base en la zapata y vértice en la cúspide, cuyas dimensiones ya hemos dado, y otro con vértice en la zapata que tiene la base formando parte del dintel del puente en una longitud de 45 m.

Los dinteles principales quedan descompuestos estructuralmente en vigas de cinco vanos, apoyadas en 45 m. sobre los cuatro puntos de cruce con la torre, colgadas de otros dos, a 57,3 de las anteriores, mediante cables que pasan por la coronación de la misma y con prolongaciones de 15 m., en voladizo, que van a recoger cada dos contiguas un tramo de 45 m. que completa los 235 m. de la luz teórica.

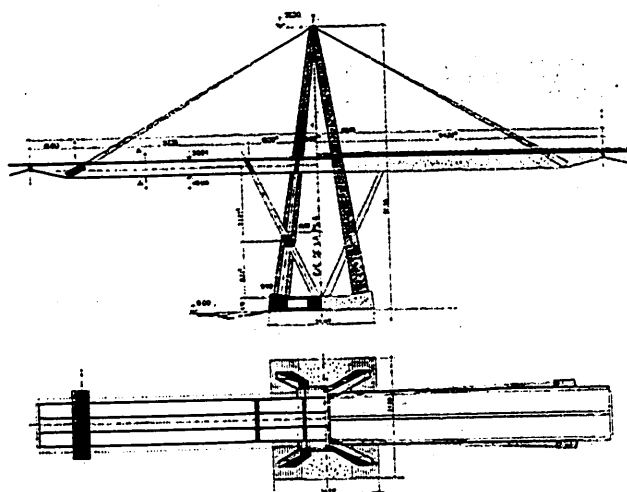
En los tramos que forman los viaductos de acceso

# DOS PUENTES DE GRAN LUZ CONSTRUIDOS EN VENEZUELA

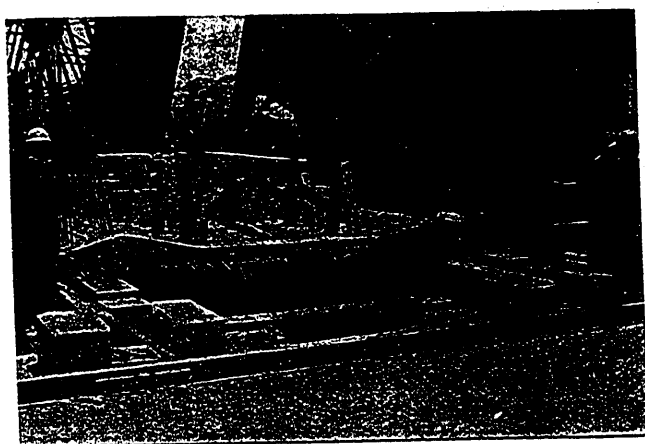


**PUENTE DE MARACAIBO**

Luces máximas:  $5 \times 235$  m. (record mundial).

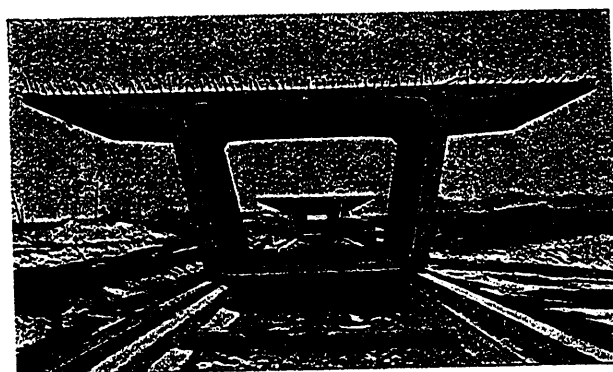


Proyecto Morandi.



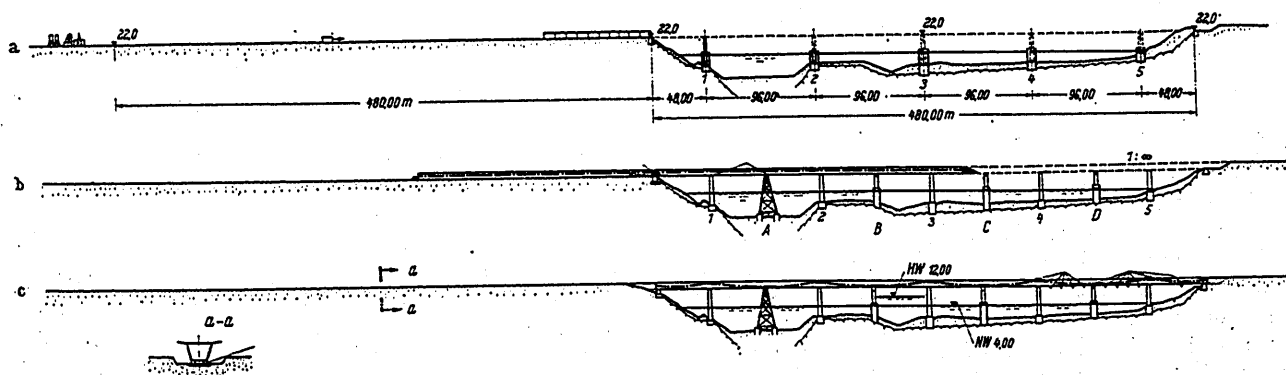
**PUENTE DEL CARONI ( $48 + 4 + 96 + 48$ ).**

Ejecución de la primera rebanada.



Proyecto Leonhardt.

Rebanadas del Puente Attersee análogo al del Caroni.



Proceso constructivo del puente del Caroni.

rampantes desde ambas orillas, las luces empiezan en 22,6 ó 36,6, respectivamente, para mantenerse en 46,6 en el mayor intervalo (79 vanos); mediante transición de un tramo de 65,80 pasan a otro intervalo prolongado de 26 vanos de 85 m., enlazándose con los tramos centrales mediante un tramo de transición de 160 m.

La cimentación ha sido obra grandiosa, dada la gran profundidad del lago y el gran espesor de los terrenos sin consistencia de su fondo. Se han utilizado pilotes cilíndricos huecos de 1,35 m. de diámetro, que se introducían en hoquedades previamente perforadas, inyectando el fondo para formar tapón y la periferia en la zona inferior para conseguir contacto adherente con las capas resistentes atravesadas.

La prefabricación se ha utilizado en gran escala, primero en los pilotes y después en el dintel. A pesar de la diferencia de luces de los vanos, se ha llevado al límite la normalización de los elementos. Así, dinteles de 45 m. se utilizan primero directamente apoyados sobre palizadas de cuatro pilares cuadrados, formando los vanos de 46,6 m.; después, sobre apoyos en V, dan los 65,8, y prolongando estos apoyos, que llegaban a transformarse en X, con voladizos a ambos lados, se obtienen los 85 m. Por último, el tramo central de los grandes vanos se encontraba con las mismas vigas de 45, las cuales integraban también los tramos de transición de 160, complementando a una mitad del dintel apoyado y colgado de las torres.

La maquinaria utilizada para el transporte de las piezas prefabricadas, hincas de pilotes, izado y colocación en obra de dinteles, etc., de una gran potencia y muy especializada. Esto ha dado lugar a que al terminar la obra la Empresa Constructora se encuentre con un material en perfectas condiciones de uso, pero de muy difícil aplicación, con una inversión inmovilizada de varios millones de bolívares.

En contraste con este despliegue de medios auxiliares tan dispendioso, está en construcción, también en Venezuela, sobre el río Caroní, un puente en el que los medios auxiliares para la ejecución del dintel se han reducido a un mínimo. Consta de cuatro vanos de 96 m. y dos laterales de 48, salvados con tramo continuo de sección trapecial constante, pretensado mediante dos mazos de cables Leoba, que se anclan en ambos extremos, pasando en cada vano desde la zona inferior, en el centro, a la superior, sobre apoyos. El dintel se construye por trozos de 10 m. de longitud, todos iguales, que se ejecutan con el mismo molde en un taller de ocasión inmediato al puente, alineado con su eje y al mismo nivel de su rasante horizontal. Una vez moldeada cada pieza se traslada, deslizándola, para alinearla a partir del estribo de la misma margen, por unas vías horizontales que sirven, además, de plataforma de montaje. Cuando estén dispuestas las 48 piezas que

componen el dintel se coserán con los dos mazos de cables que van en el interior del cajón, pero externos al hormigón, adosados a los diafragmas inclinados y guiados por huecos practicados en las costillas de rigidización. En una primera posición, los cables quedarán rectos a la altura del centro elástico de la sección, lo cual da un pretensado centrado (compresión uniforme en toda la sección) y en estas condiciones se empujará el dintel ya formado, mediante gastos contra el estribo. De este modo llegará a su posición definitiva, pasando sobre las pilas y sobre unos castilletes provisionales a mitad de distancia entre ellas. Sometido a su peso propio el dintel va trabajando con flexiones de sentidos contrarios en todas las secciones, para lo cual se ha dispuesto el pretensado centrado, obligando después al cable a tomar su posición definitiva, mediante gatos que le dan los desplazamientos verticales convenientes.

Estos dos puentes forman excepción en los puentes de gran luz, para los cuales el procedimiento constructivo idóneo es el de avance por voladizos sucesivos a partir de las pilas. Este procedimiento, que se anticipó en algunos puentes de hormigón armado normal, el primero el de Santa Catalina, sobre el río Peixe, en Brasil, con 68 m. de luz (1931), fué aplicado por Finsterwalder, veinte años más tarde, en el puente de Balduinstein, sobre el Lahn. A partir de éste la Empresa Dywidag ha construido un gran número de puentes, teniendo actualmente en construcción el de mayor luz, que es el de Bendorf, sobre el Rin, con 208 m. de luz. En realidad este puente salva un vano menor que el del puente de Maracaibo, pero gana a éste en lo que a luz libre se refiere, que es de 202,40. El ancho total del puente es de 30,86 m., dividido por el eje en organización estructural, siendo cada mitad una viga cajón con canto variable de 4,40 a 10 m.

Igualmente está en construcción el del río Medway, en la autopista M2, en Inglaterra, que completará 152,40 m. en el vano central, flanqueado por dos de 95,25 que le dan cola de contrapeso. En este puente, que es del tipo estructural de tramos-ménsulas, se han construido, por volados sucesivos, los tramos laterales y sus prolongaciones en ménsulas de 60 m., debiendo lanzarse después un tramo interno de 30 m. de luz. A partir de un cierto vuelo se introducen apoyos intermedios provisionales, en los laterales, para no darle voladizos excesivos. El avance por volado es de 10' (3,04 m.).

Los de mayor luz, actualmente construidos, tienen ambos 140 m., uno está en Brasil, sobre el río Tocantins, en la carretera de Belem a Brasilia, y se terminó en 1961, por el ingeniero Sergio Marqués. El otro es el puente de Bettingen, sobre el Main, en el cual se complementó el sistema de voladizos con el de apoyos intermedios para soportar el encofrado.

En el Japón se ha construido una serie brillante de puentes, utilizando el sistema Dywidag de vola-

dizos sucesivos, habiendo terminado este año uno de los más importantes: el de Nada, con diez vanos de 70 m. y dos de 50 m., estando en construcción los de Shibuya, con vanos de 144 y 80 m. También se ha terminado un puente para ferrocarril, el de Washinosu, con luces de  $20 + 24 + 44 + 24 + 2 \times 20$ , en el cual se ha adoptado el tipo de dintel continuo en toda su longitud.

En la zona septentrional de Europa, cerca ya del círculo polar ártico, se han terminado el del estrecho de Alno, en Suecia, con vanos principales de  $60 + 105 + 3 \times 134 + 105 + 60$ , y el del puerto Kristiansund North, sobre el estrecho de Sor, con un tramo principal de  $50 + 100 + 50$  y dos viaductos de acceso, con vanos de 13 m., que se distinguen por la gran esbeltez de sus apoyos, que son columnas únicas de 1,40 m. de diámetro con alturas que llegan hasta 33 m.

Estos puentes de voladizos sucesivos se construyen o por avances simétricos desde las pilas, las cuales son solidarias de los semidinteles en ménsula que compensan directamente sus pesos, llegando hasta la mitad del vano, donde se enlazan mediante articulación deslizante, que sólo transmite acciones verticales, así la estructura del puente, integrado de una serie de elementos T independientes para la carga permanente, que luego se ayudan para resistir las sobrecargas sin que les afecten las variaciones de temperatura. En otros casos los vanos laterales se construyen sobre cimbra, siendo únicamente el central el que se ejecuta por voladizos en medias partes. También puede avanzarse desde una pila para llegar hasta la opuesta, pero entonces no se deja el dintel en voladizo libre, sino que se cuelga mediante cables inclinados que pasan sobre una torre dispuesta en el apoyo, o bien se apoya sobre pilares metálicos provisionales al sobrepasar la mitad del vano. Pueden obtenerse así todos los tipos estructurales correspondientes a varios vanos, empezando por los elementos en T libres (solución inicial), elementos en T con las extremidades sobre pilas (ejemplo, el puente Nordwestbogen de Berlín, con vanos hasta 80 m.), tramos continuos normales (puente Bettin-gen), tramos continuos con articulación en el punto medio del dintel central (puente Tocantins), y tramos ménsulas (puente Medway). También puede solidarizarse provisionalmente el dintel con los pilares durante construcción para luego quedar independientes definitivamente. Otro tipo de estructura sencilla es el de las ménsulas de medio vano, empotradas en macizos de fábrica (puentes e incluso la ménsula única salvando todo el vano (puente de La Reallon), y, por último, el pórtico sencillo, que puede quedar en biarticulado, como el Dischinger de Berlín (90 m.) o triarticulado, como el de La Grande Côte (105 m.). Inclusive se han construido arcos por este sistema, como son los del puente de Aviñón, sobre el Ródano, con 74 m. de luz, que se construyeron en doble mén-

sula para cerrar con articulación en clave después de haber introducido, mediante gatos, esfuerzos de compensación de las deformaciones por retracción y fluencia lenta.

Las grandes ventajas del sistema están en reducir al mínimo el encofrado y el andamio, pero sobre todo, el hacerse independiente del río o del tráfico inferior, suprimiendo los riesgos y molestias, consiguiendo y no produciendo alteración en las circulaciones establecidas que tienen que continuar durante la obra.

Estos motivos hacen que el sistema siga siendo interesante en el caso de los viaductos urbanos donde la altura de rasante no es grande y, por lo tanto, el ahorro de cimbra no es decisivo, pero pasar por encima de la circulación ferroviaria o automóvil sin producir perturbación alguna, es una solución estu-penda cuando existen dichos tráfico.

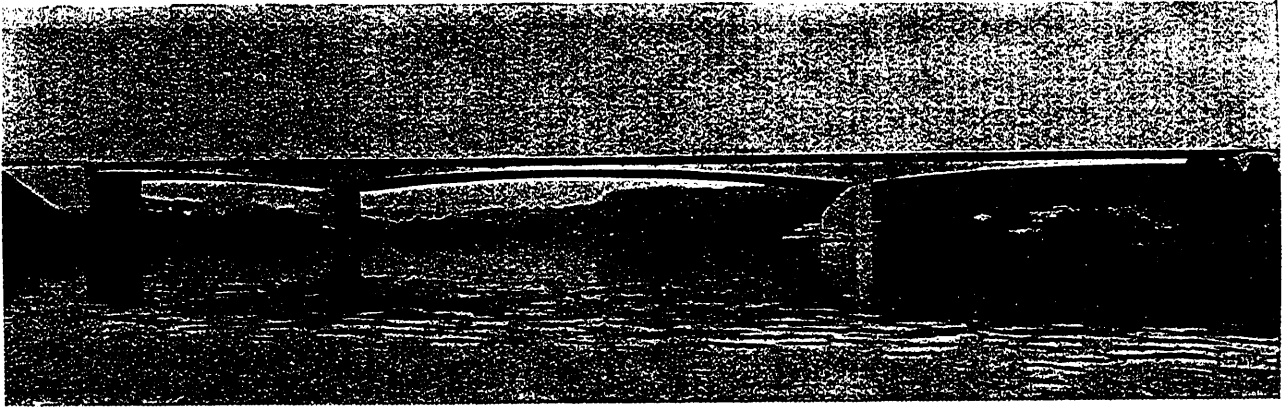
Los viaductos urbanos están a la orden del día en todos los países, pudiendo citarse entre los terminados durante el pasado año el Hammersmith en Londres, el Klaravergs en Estocolmo, el Jan-Wellem-Platz en Dusseldorf, el Berliner en Duisburg y el de la calle Paulinen en Stuttgart.

El de Hammersmith está en la autopista de Londres al aeropuerto, con dintel continuo solidario de los pilares en vanos de 42,70 m., cuyo trazado vertical está casi todo en curva, como corresponde al enlace de rampa y pendiente. Se ha construido por rebanadas alternadas: unas, que daban toda la sección transversal, y otras, más largas, con la sección de la viga alveolar, que constituía el elemento resistente longitudinal; se montaban sobre cimbra metálica, enlazándose mediante el pretensado longitudinal y completando el tablero por hormigonado en el sitio de losas laterales apoyadas en las rebanadas de toda la anchura.

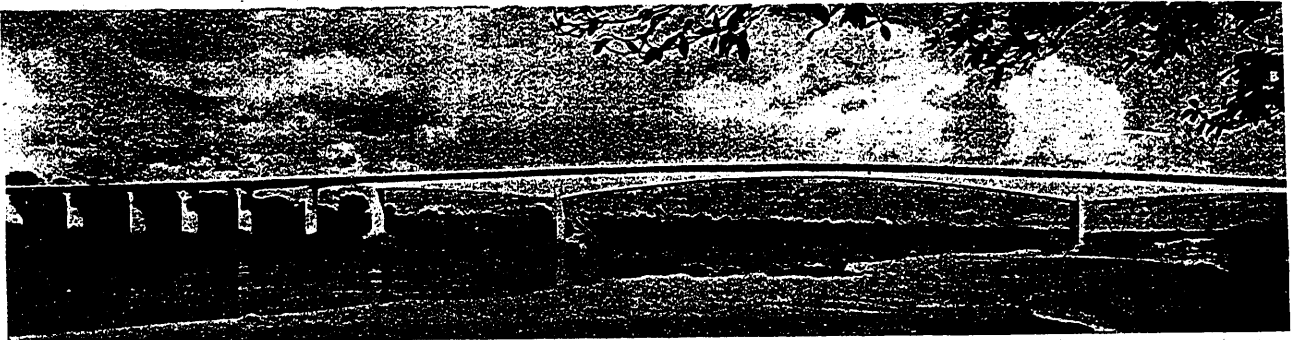
El viaducto de Jan-Wellem-Platz, con luces de hasta 25 m., tiene una sección maciza de losa continua con espesores hasta 1,05 m., distribuidos en lóbulo de senoide cuando el ancho es menor de 10 m., y en doble lóbulo para el ancho normal de 12,90 m. Los apoyos se alinean en fila única, terminando en horquilla los del segundo caso, pero arrancando todos en base de  $1,60 \times 0,45$ . La planta es verdaderamente complicada por el enlace de curvas y empalmes de los accesos.

Estas posibilidades de adaptación a trazados complicados en planta y alzado, con una extraordinaria diafanidad en sus apoyos, lo tenemos en el segundo tramo del viaducto Paulinen en Stuttgart, cuya sección es clásica, con tablero desdoblado que permite mantener el nivel a pesar del peralte correspondiente a las curvas y disponer los apoyos en distintas transversales para adaptarse al tráfico inferior. La organización estructural de cada tablero es una viga cajón con voladizos simétricos en continuidad de 222 m. y vanos de 20,5 a 34,5 m.

MAXIMAS LUCES CONSTRUIDAS Y EN CONSTRUCCION

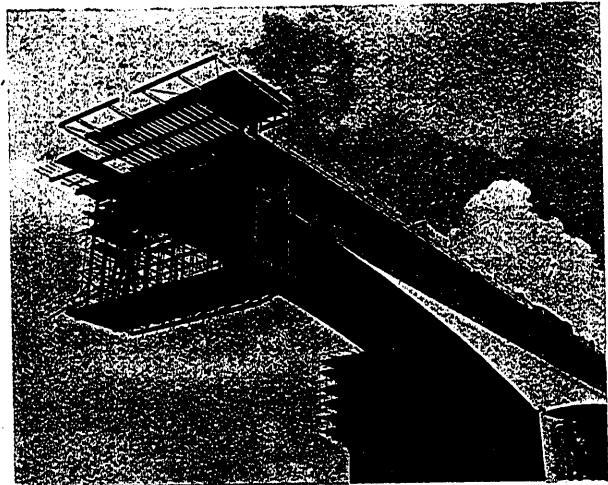


PUENTE DE BETTINGEN, SOBRE EL RIO MAIN (ALEMANIA). 85 + 140 + 85 (Pollensky & Zollner).

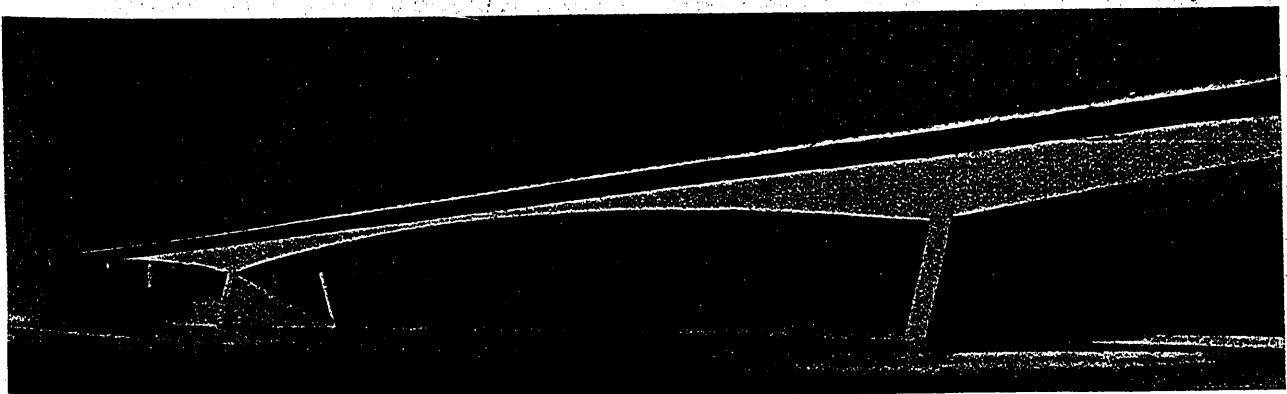


PUENTE DE TOCANTINS (BRASIL) 53 + 140 + 53. (Sergio Marqués).

PUENTE MEDWAY (INGLATERRA)  
95,25 + 152,40 + 95,25  
Christiani & Nielsen (en construcción)

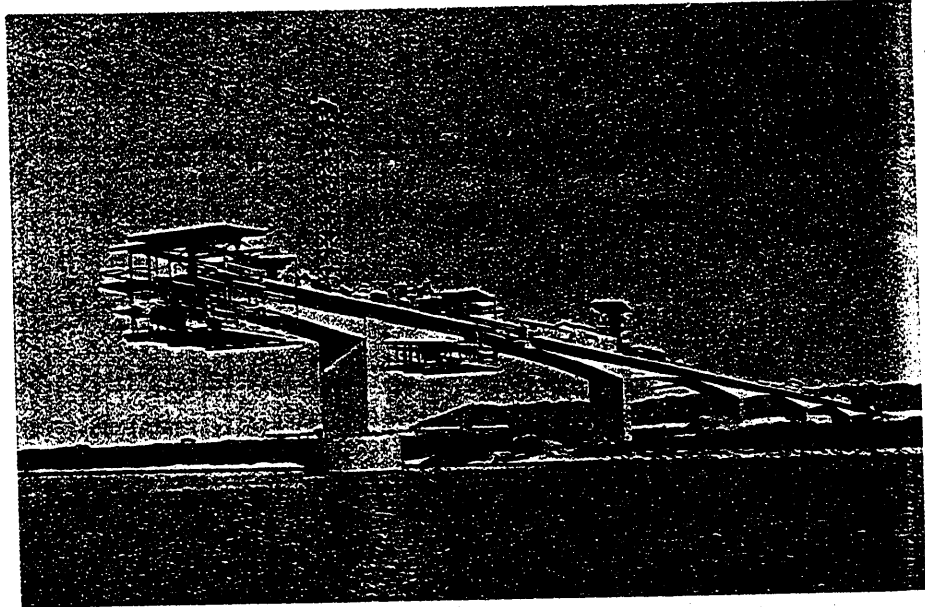


PUENTE BENDORF, SOBRE EL RIN  
71 + 208 + 71. (Dywidag). (en construcción).

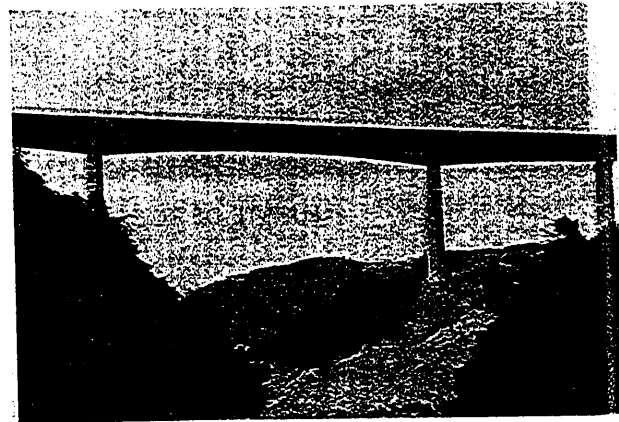
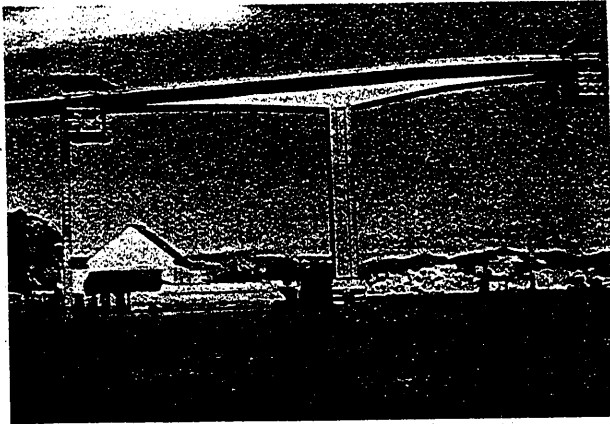


CONSTRUCCIÓN DE PUENTES POR VOLADIZOS SUCESIVOS (DYCKERHOFF & WIDMAN)

PUENTE NADA (JAPON)  
50 + 10 × 70 + 50



PUENTE KRISTIANSUND NORTH  
(NORUEGA)  
50 + 100 + 50



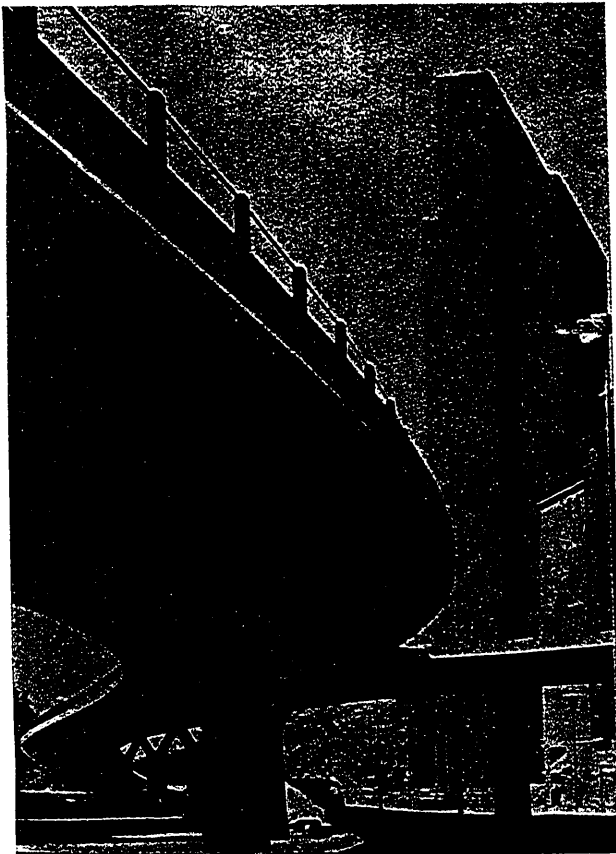
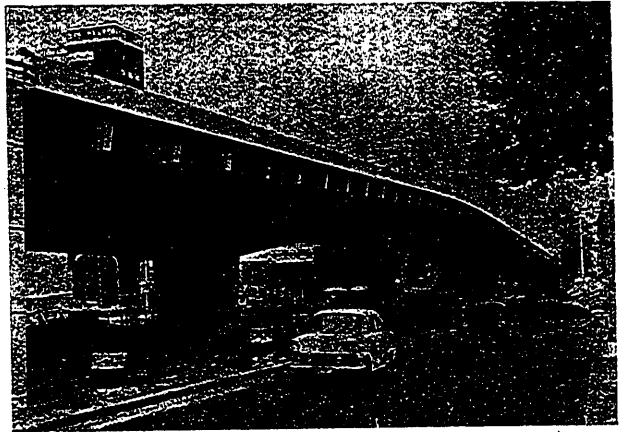
PUENTE WASHINOSU (JAPON)  
(Ferrocarril)  
24 + 44 + 24



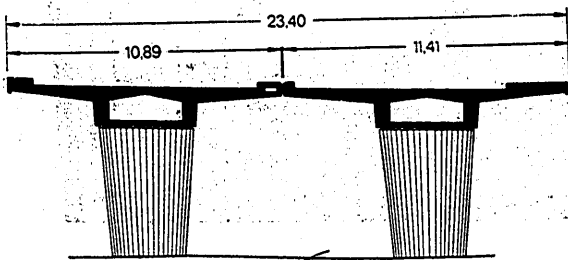
PUENTE ALNO (SUECIA)  
60 + 105 + 3 × 134 + 105 + 60

# VIADUCTOS URBANOS DE HORMIGON PRETENSADO

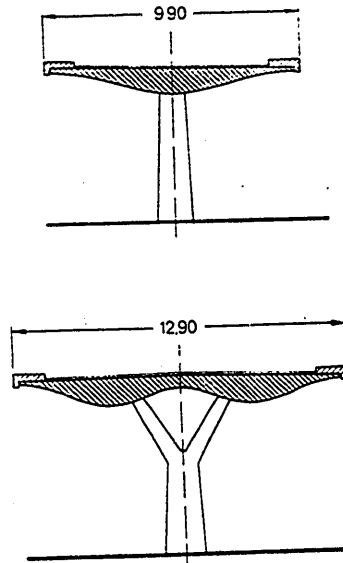
VIADUCTO HAMMERSMITH (LONDRES)



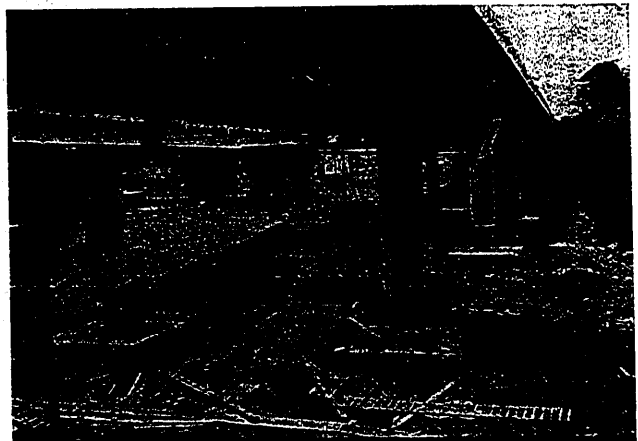
VIADUCTO PAULINEN (STUTTART)



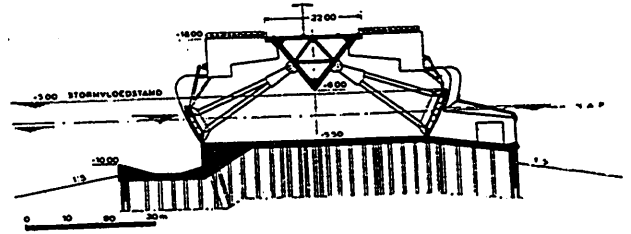
VIADUCTO JAN-WELLEM-PLATZ (DÜSSELDORF)



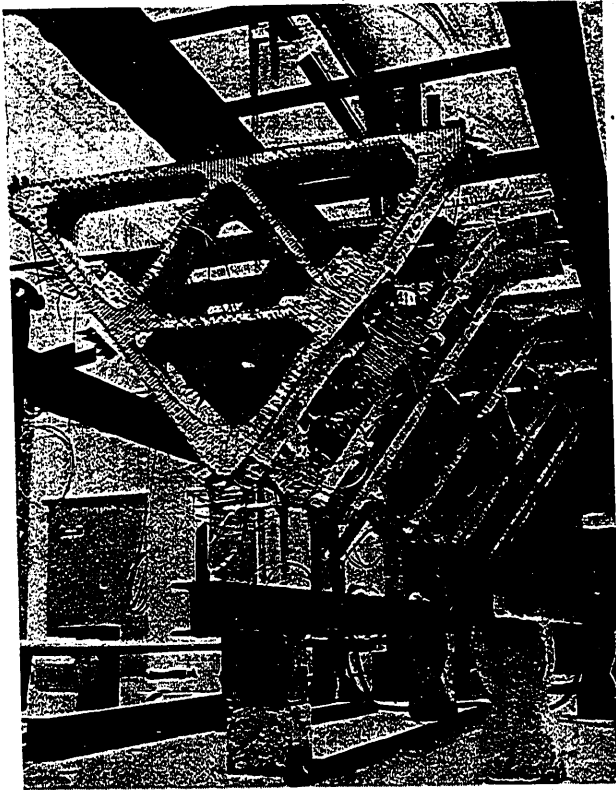
VIADUCTO BERLINER EN DUISBURG



PUENTE NABLA DEL PLAN DELTA (HOLANDA) 17 × 60 M.

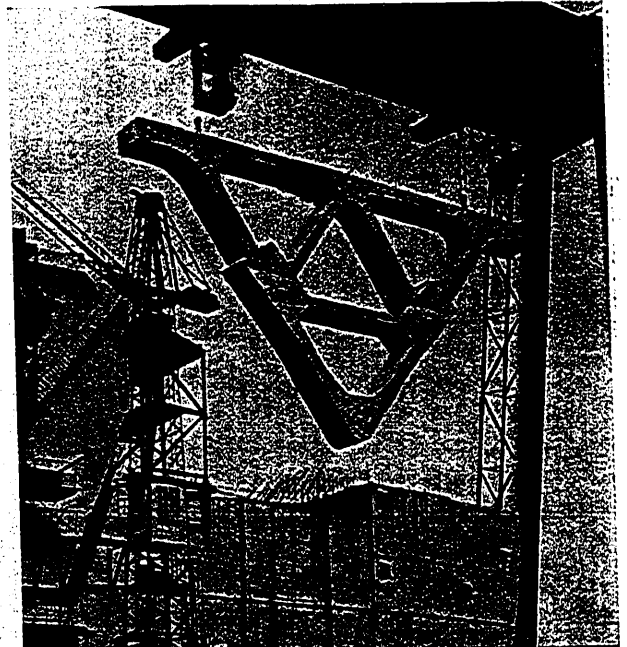
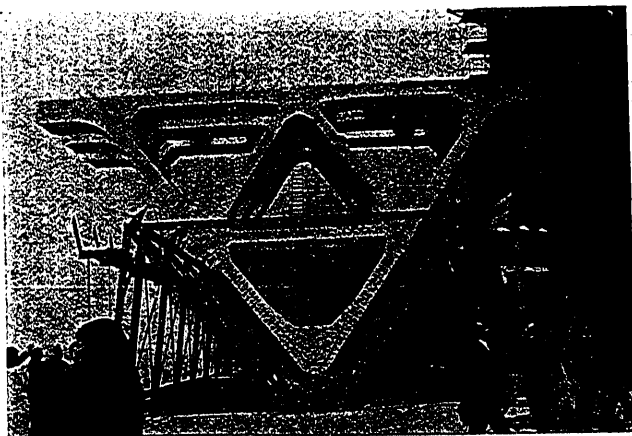


Sección transversal del conjunto



Elementos en el modelo reducido estructural  
(escala: 1/15)  
Comité de la STUVO

Elementos en el montaje de la obra



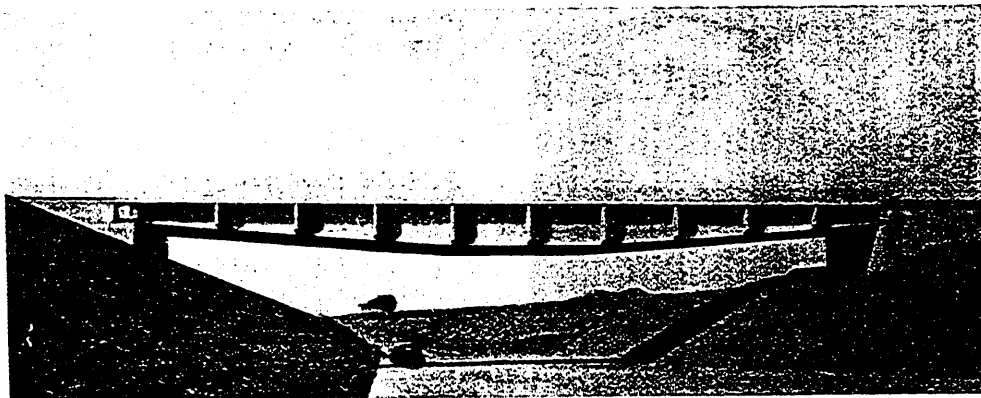


El viaducto de Klaraverg mantiene una plataforma de 31 m. a través de calles de circulación, zonas comerciales, brazos del lago y tráfico ferroviario, alineando una serie de soluciones metálicas, de hormigón armado y hormigón pretensado, llevando en éstos el tablero partido en dos mitades sobre apoyos apareados en cada una y dinteles de losa con fajas reforzadas en la dirección de los pilares como exige una solución de altura estricta.

Entre estos viaductos destaca el Berliner, en el paso de la autopista por la zona urbana de Duisburg, no sólo por su gran longitud, sino además por las características extraordinarias de su estructura en el

que refuerzan la sección y permiten la transmisión de las acciones concentradas en los nudos intermedios. El espesor de las losas que materializan el perfil es de 50 y 60 cm., con un peso total por m. l. de 125 toneladas.

Cada dintel independiente del resto, sustentado en las pilas mediante apoyos de caucho, se construyó por prefabricación de 22 rebanadas iguales, peso 250 toneladas, con juntas de separación de 50 cm., y dos diafragmas de apoyo que, por su mayor peso, se moldearon en tres trozos. Se enlazaron por pretensado longitudinal mediante 193 cables de 136 Tn. de fuerza efectiva, disponiéndose, además, un preten-



Puente de Lora del Río sobre el canal del Guadalquivir. Luz 46 m. (M. Santonja).

trozo que cruza una zona minada por explotación de galerías carboníferas. Era típico que en estas condiciones quedaban eliminadas las soluciones hiperestáticas, pero en este puente se han previsto asientos de consideración, previniendo las consecuencias desfavorables mediante articulaciones provisionales en los pies, que pueden desplazarse verticalmente para compensar asientos desiguales, por introducción de gatos, recalzando después los desplazamientos.

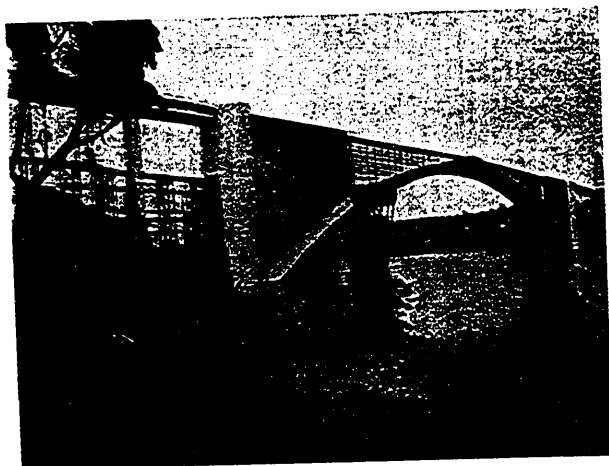
De gran interés es el puente Nabla, construido salvando los vanos de la presa de compuertas Haringvliet del plan Delta, que regula la circulación hidráulica de los brazos del Rin y del Mosa para impedir la inundación de los terrenos bajos de Holanda. Sus características son extraordinarias, pues además de servir para la circulación importante a lo largo de la presa en 17 vanos de 60 metros, sirve de sustentación a los ejes de giro de las compuertas cilíndricas de sector que cierran de un lado el mar, y de otro, el brazo Haringvliet, dando esto lugar a empujes inclinados que llegan hasta 220 Tn./m. l. a lo largo de la línea media de las caras inclinadas del perfil Nabla. Este tiene una altura de 12 m., con un ancho de plataforma de 22,50, pues se prolonga el tablero en voladizos complementarios. Se subdivide internamente en otros cuatro triángulos equiláteros,

sado transversal en todos los elementos que reticular la sección, con 1100 cables de 43,2 toneladas. Las cantidades totales de materiales por viga fueron: 3500 m.<sup>3</sup> de hormigón, 240 Tn. de acero tesado y 200 Tn. de acero semiduro. Dadas las condiciones extraordinarias de acciones externas, dimensiones de las piezas y localización de cargas, se hicieron estudios en modelo reducido, para asegurarse del comportamiento en conjunto y en particular (especialmente de las juntas entre rebanadas) para comprobar los resultados del cálculo.

En España existen actualmente en construcción unos cuantos puentes de hormigón pretensado, empleándose casi exclusivamente la prefabricación con montaje independiente de cimbras. Son de gran interés, por su luz importante, (46 m.), la serie de puentes proyectados por el ingeniero Martínez Santonja, para los cruces del Canal Alto del Guadalquivir, prefabricando las vigas en taller central por dovelas, que se montan directamente en obra, puesto que el canal no está todavía en servicio. También del mismo ingeniero el puente de Alarza, sobre el Tajo, en la zona que ha de inundar el embalse de Valdecañas, con gran altura de pilas y tramos de 35 m. de luz, cuyas vigas se ejecutan en talleres ocasionales en ambas márgenes, dejándolas descender por rampas acondiciona-

das en las laderas, para elevarlas hasta su nivel y repararlas a su posición definitiva. Pretensado Barredo.

En el Guadalquivir, frente al pueblo de Almodóvar, estamos construyendo un puente con zona principal de tres vanos continuos: 35 + 70 + 35, donde pensamos poner a punto un procedimiento constructivo de avance por voladizos sucesivos, pero realizando éstos mediante colocación de dovelas prefabrica-

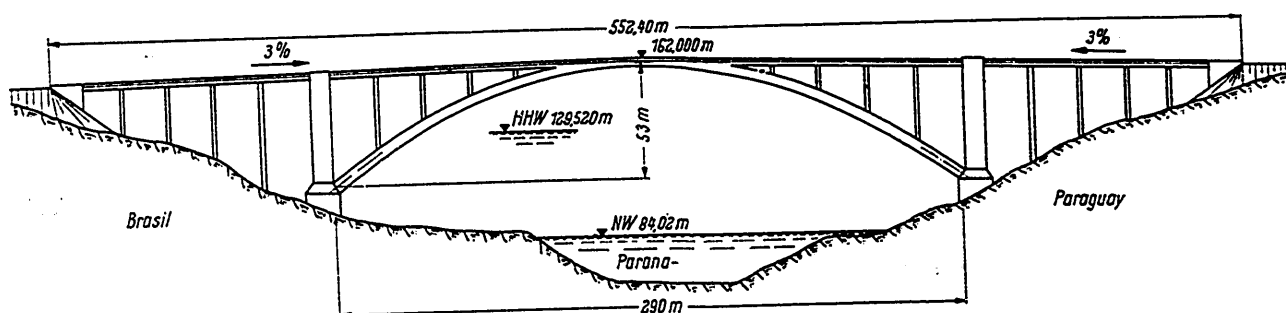


en la que se dispondrá la armadura de continuidad sobre los apoyos.

En el puente de La Arrábida, por el contrario, se han seguido los sistemas constructivos tradicionales, perfeccionando todos los detalles. Consta de dos anillos de sección bicelular fuertemente arriostrados entre sí, con ancho de 8 m. y altura variando desde 3 m. en clave hasta 4.50 en arranques. El tablero es de hormigón armado, realizado en el sitio y en continuidad total con los tramos de acceso en 493 metros. Los pilares de apoyo intermedio son esbeltos, pero existe un pórtico de gran rigidez encima de cada estribo que tiene un papel muy importante en la transmisión de los esfuerzos horizontales debidos al viento, estableciendo una solidaridad muy conveniente entre arco y tablero. Esto se estudió experimental-

## PUENTE INTERNACIONAL DEL PARANÁ

Estado de la obra en 1962.



das que se van cosiendo mediante los cables de pretensado. Pretensado Dywidag.

En los puentes de arco, el puente de Parramata, con sus 1 000 pies, inicia una nueva técnica constructiva al utilizar dovelas prefabricadas de 50 Tn., llevadas por flotación para colocar sobre la cimbra y enlazar mediante hormigón en el sitio. El arco se compone de cuatro anillos adosados, sección cajón, de 6,10 m. de anchura, con altura variando desde 3,66 m. en clave hasta 7,32 en arranques. El tirante de arco en clave es de 43 metros. El ancho de plataforma es de 21,94, con aceras de 1,83 m. El tablero está sobrepuesto al arco en la zona central, de unos 90 m., a partir de la cual se apoya sobre pares de columnas esbeltas que forman pórticos con viga transversal a distancias de 30,5 m., continuando sin interrupción en los tramos de acceso totalizando ocho a cada lado. El tablero será de vigas pretensadas prefabricadas, que se enlazarán por losa superior *in situ*,

mente mediante modelos reducidos. La cimbra ha sido un arco metálico formado por tres anillos y se ripó dos veces para ejecutar los dos anillos y el arriostramiento. El descimbrado se realizó mediante aplicación de gatos en clave. El ancho de plataforma es de 25 metros.

El puente internacional sobre el Paraná, se comenzó hace varios años, habiendo construido los tramos de acceso, los dos robustos pilares sobre arranques y una parte de los arcos (aproximadamente la cuarta parte por cada lado) sobre cimbra reticulada de hormigón armado.

La obra quedó parada en estas condiciones, pero en el año 1962 se completó el resto de la cimbra como arco metálico de 157,30 m. de luz, montado en voladizos sucesivos con ayuda de cables. El tablero tendrá una anchura total de 13,50, e irá directamente sobre el arco en los 79,4 m. centrales, a partir de los cuales irá apoyado sobre pilares a distancias

de 20 y 22 m. El arco, con un rebajamiento próximo a  $1/6$ , será de sección tricelular con anchura de 11 m. en clave y 13 en arranques, variando del mismo modo su altura de 3,2 a 4,8 m. El empuje máximo será de 10 000 toneladas.

Durante este año se ha celebrado el IV Congreso de la Federación Internacional del Pretensado, con sesiones en Roma y Nápoles. En esta ciudad se dedicó una de las sesiones a los puentes más importantes construidos desde el Congreso de Berlín (1958), actuando de ponente el Ingeniero Profesor R. Morandi. Se pasó revista a la labor realizada tratándose de muchos de los puentes que hemos citado anteriormente.

En cuanto a aportaciones interesantes en los problemas de cálculo, es de notar la tabulación correspondiente a dinteles de losas oblicuas, simplemente apoyadas, llevada a cabo por el profesor Rüschi en la Escuela Técnica Superior de Munich. Esta publicación\* resuelve un problema muy importante, ya que la normalidad en puentes de losa es que sean oblicuos, dada la poca importancia de la luz relativamente a las exigencias del trazado.

En el año 1962 han muerto tres ingenieros muy destacados en el ramo de puentes: Rös, Freyssinet y Lossier, retirados ya de una actividad intensa que los tres han desarrollado con fecundos

---

\* Rüschi & Hergenröder: Einflussfelder der Momente Schiefwinkliger Platten. Publicación del Laboratorio de Construcción de la Escuela Técnica Superior de München. München, 1962.

resultados. Mirko Rös fue el Director del Laboratorio Federal de Zurich, realizando una labor experimental sobre estructuras construidas y en especial puentes que nos han asegurado sobre los métodos de cálculo correspondientes al comportamiento elástico de las mismas. Estudió también de un modo directo el problema de la rotura de los materiales y preparó las bases para los nuevos métodos de cálculo actualmente vigentes. Tuvo un gran entusiasmo por la colaboración internacional de los ingenieros y fue el promotor de las Asociaciones Internacionales de Ensayo de Materiales y la de Puentes y Estructuras. Eugene Freyssinet ha sido uno de los ingenieros que más han contribuido al desarrollo del hormigón armado, construyendo obras fundamentales y estudiando las propiedades del hormigón, especialmente las deformaciones no elásticas a lo largo del tiempo. Estos estudios y la evolución de una de sus ideas matrices, la creación de esfuerzos sistemáticos que regulen el comportamiento de las estructuras, llevó a la creación del hormigón pretensado. Para conseguir esto tuvo que hacer un alto en su carrera y dedicar durante varios años todo su esfuerzo e incluso toda su fortuna a resolver problemas y detalles, e imponerlos definitivamente. Henry Lossier, coetáneo de los anteriores, fue también un constructor de puentes importantes, tomó parte en estudios teóricos y dedicó gran actividad a informar sobre accidentes litigiosos de estructuras. En sus últimos años ha puesto a punto la fabricación de los cementos expansivos y su aplicación en las construcciones de hormigón armado, de un gran interés para los puentes en arco.